



**Eur päisch s
Patentamt**

**Eur pean
Patent Office**

**Office européen
des brevets**

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterla-
gen stimmen mit der
ursprünglich eingereichten
Fassung der auf dem näch-
sten Blatt bezeichneten
europäischen Patentanmel-
dung überein.

The attached documents
are exact copies of the
European patent application
described on the following
page, as originally filed.

Les documents fixés à
cette attestation sont
conformes à la version
initialement déposée de
la demande de brevet
européen spécifiée à la
page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

02425729.7

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk

THIS PAGE BLANK (USPTO)



Anmeldung Nr:
Application no.: 02425729.7
Demande no:

Anmeldetag:
Date of filing: 28.11.02
Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

STMicroelectronics S.r.l.
Via C. Olivetti, 2
20041 Agrate Brianza (Milano)
ITALIE

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:
(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.
If no title is shown please refer to the description.
Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

Cascode power amplifier particularly for use in radiofrequency

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

H03F/

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE SK TR

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Titolo: Amplificatore di potenza in configurazione cascode, in particolare per applicazioni in radiofrequenza.

DESCRIZIONE

Campo di applicazione

5 La presente invenzione fa riferimento ad un amplificatore di potenza in configurazione cascode, in particolare per applicazioni in radiofrequenza.

Più specificatamente l'invenzione si riferisce ad un amplificatore di potenza del tipo comprendente almeno un elemento di carico ed almeno
10 un elemento attivo inseriti, in serie tra loro, tra un primo ed un secondo riferimento di tensione.

L'invenzione riguarda in particolare, ma non esclusivamente, un amplificatore di potenza per applicazioni in radiofrequenza e la descrizione che segue è fatta con riferimento a questo campo di
15 applicazione con il solo scopo di semplificarne l'esposizione.

Arte nota

Come è ben noto, gli amplificatori di potenza in radiofrequenza, o amplificatori RF, richiedono elevate frequenze di taglio e, al contempo, elevati valori di tensione di breakdown in maniera da poter fornire
20 potenze elevate ad elevate frequenze.

Inoltre, per ottenere bassi valori di capacità di retroazione, è noto utilizzare dispositivi che presentano elevati valori di transconduttanza e piccoli valori di resistenza nello stato di accensione.

In generale, alcune di queste caratteristiche sono disponibili nelle
25 tecnologie di silicio standard di tipo VLSI CMOS BiCMOS e BCD. Non esistono tuttavia dispositivi realizzati secondo queste tecnologie che le presentano tutte contemporaneamente.

In particolare, i dispositivi LDMOS garantiscono elevati valori per le tensioni di breakdown così come elevati valori di potenza, ma

presentano un degrado di prestazioni alle radiofrequenze.

Al contrario, i dispositivi VLSI CMOS, in particolare transistori con ridotta lunghezza di gate, presentano un'elevata transconduttanza ed un bassa resistenza nello stato di accensione alle alte frequenze, ma un
5 basso valore di tensione di breakdown.

Il problema tecnico che sta alla base della presente invenzione è quello di escogitare un amplificatore di potenza, avente caratteristiche strutturali e funzionali tali da consentire di ottenere elevate frequenze di taglio, elevati valori di tensione di breakdown, elevati valori di
10 transconduttanza e piccoli valori di resistenza nello stato di accensione, superando in tal modo le limitazioni che tuttora affliggono i dispositivi realizzati secondo l'arte nota e consentendone un corretto utilizzo per applicazioni alle radiofrequenze.

Sommario dell'invenzione

15 L'idea di soluzione che sta alla base della presente invenzione è quella di utilizzare un transistor DMOS ed un transistor CMOS opportunamente connessi in configurazione a cascode per ottenere un amplificatore di potenza avente le caratteristiche ottimali nelle applicazioni alle radiofrequenze.

20 Sulla base di tale idea di soluzione il problema tecnico è risolto da un amplificatore di potenza del tipo precedentemente indicato e definito dalla parte caratterizzante della rivendicazione 1.

Le caratteristiche ed i vantaggi dell'amplificatore di potenza secondo l'invenzione risulteranno dalla descrizione, fatta qui di seguito, di un
25 suo esempio di realizzazione dato a titolo indicativo e non limitativo con riferimento al disegno allegato.

Breve descrizione del disegno

L'unica figura mostra un amplificatore di potenza realizzato secondo l'invenzione.

Descrizione dettagliata

Con riferimento all'unica figura, con 1 è complessivamente e schematicamente indicato un amplificatore di potenza secondo l'invenzione.

- 5 L'amplificatore 1 di potenza comprende un elemento 2 di carico ed un elemento 3 attivo, inseriti in serie tra loro tra un primo riferimento di tensione, in particolare la tensione di alimentazione Vdd, ed un secondo riferimento di tensione, in particolare la massa GND.

- 10 L'elemento 2 di carico e l'elemento 3 attivo sono connessi tra loro a definire un nodo circuitale X che può fungere anche come ulteriore terminale di uscita dell'amplificatore 1 di potenza. Il terminale principale di uscita coincide con il nodo Vdd.

- 15 Nell'esempio illustrato in Figura, l'elemento 2 di carico comprende un transistor M1 di tipo DMOS avente un terminale G1 di gate ricevente una prima tensione Vg1 di controllo.

L'elemento 3 attivo comprende invece un transistor M2 di tipo VLSI CMOS avente un terminale G2 di gate ricevente una seconda tensione Vg2 di controllo. E' altresì possibile utilizzare un transistor bipolare ad alta frequenza.

- 20 Vantaggiosamente secondo l'invenzione, stabiliti i confini di integrazione del transistor M2, il transistor M1 viene dimensionato e polarizzato in modo da ottimizzare le prestazioni della configurazione a cascode dell'amplificatore 1 di potenza, il consumo di potenza e l'affidabilità.

- 25 In particolare, viene impostato un valore della seconda tensione Vg2 di controllo e vengono stabiliti i confini di integrazione del transistor M1 per consentire al transistor M2 di lavorare in zona di saturazione. In tal modo, infatti, l'amplificatore 1 di potenza presenta una elevata frequenza di taglio e contemporaneamente un elevato valore di transconduttanza. In zona lineare si ottiene un basso valore di
30 resistenza di accensione.

E' opportuno notare che, vantaggiosamente, secondo l'invenzione, il transistor M2, lavorando in zona di saturazione, limita il valore massimo di tensione in corrispondenza del nodo circuitale X al valore gate-drain che tale transistor M2 può sopportare, vale a dire

5
$$V_x \geq (V_{g2} - V_{th2})$$

essendo:

V_x la tensione presente sul nodo circuitale X;

V_{g2} la tensione applicata al terminale G2 di gate del transistor M2; e

10 V_{th2} la tensione di soglia del transistor M2.

In una variante di realizzazione, un elemento resistivo è connesso tra i terminali di drain e di source del transistor M2 per garantire la corretta stabilizzazione del nodo circuitale X.

15 Simulazioni in corrente continua ed in corrente alternata effettuate dalla Richiedente stessa tra un amplificatore realizzato secondo l'invenzione mediante un transistor DMOS ed un transistor VLSI CMOS in configurazione a cascode ed un amplificatore realizzato in modo noto mediante un transistor CMOS ed un transistor LDMOS hanno messo in luce i seguenti miglioramenti di prestazione (da
20 considerarsi puramente indicativi):

- aumento superiore al 185% della frequenza di taglio;
- diminuzione del 50% del prodotto tra la resistenza d'accensione e la lunghezza di canale del CMOS ($R_{on} \cdot W$);
- un notevole aumento di circa trenta volte della tensione di early (Vearly);
- 25 - aumento del 150% della transconduttanza ($g_m \cdot W$);
- diminuzione del 95% del valore di capacità di retroazione (C_{gd}).

- aumento della tensione di breakdown. La rottura dell'amplificatore 1 di potenza, è in genere uguale o maggiore a quella del transistor M1 (di carico), ed è sicuramente maggiore di quella del transistor M2 (elemento attivo).

- 5 Occorre inoltre notare che l'amplificatore 1 di potenza in configurazione cascode realizzato secondo l'invenzione prevede una occupazione di area che dipende dalla metodologia di dimensionamento adottato. Ad esempio ottimizzando la knee current dell'amplificatore a cascode, si può ottenere un dispendio d'area circa pari a 2-2.5 volte un
- 10 amplificatore realizzato mediante un singolo DMOS, con un corrispettivo aumento della capacità di uscita pari a circa il doppio.

- In conclusione, l'amplificatore di potenza in configurazione cascode secondo l'invenzione presenta elevate frequenze di taglio, elevati valori di tensione di breakdown ed elevati valori di transconduttanza in zona
- 15 satura e piccoli valori di resistenza nello stato di accensione, risultando quindi particolarmente idoneo alle applicazioni in radiofrequenza.

RIVENDICAZIONI

1. Amplificatore di potenza del tipo comprendente almeno un elemento di carico (2) ed almeno un elemento attivo (3) inseriti, in serie tra loro, tra un primo ed un secondo riferimento di tensione (Vdd, GND),
5 caratterizzato dal fatto che detto elemento di carico (2) comprende un transistorore di tipo DMOS (M1).

2. Amplificatore di potenza secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto elemento attivo (3) comprende un transistorore di tipo VLSI CMOS (M2).

10 3. Amplificatore di potenza secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto elemento attivo (3) comprende un transistorore bipolare ad alta frequenza.

4. Amplificatore di potenza secondo la rivendicazione 2, caratterizzato dal fatto che detto transistorore di tipo DMOS (M1) viene
15 dimensionato e polarizzato in modo che transistorore di tipo VLSI CMOS (M2) lavori in zona di saturazione sia rispettata la relazione:

$$V_x \geq (V_{g2} - V_{th2})$$

essendo:

20 V_x un valore di tensione presente su un terminale (X) di detto transistorore di tipo VLSI CMOS (M2);

V_{g2} un valore di tensione presente su un terminale di controllo (G2) di detto transistorore di tipo VLSI CMOS (M2); e

V_{th2} un valore di tensione di soglia di detto transistorore di tipo VLSI CMOS (M2).

25 5. Amplificatore di potenza secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto elemento di carico (2) presenta un terminale di controllo (G1) ricevente una prima tensione di controllo (V_{g1}) fissata in modo che elemento attivo (3) lavori in zona di

saturatione.

6. Amplificatore di potenza secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detto elemento attivo (3) comprende un elemento resistivo inserito tra un nodo circuitale (X) di connessione tra
5 detto elemento attivo (3) e detto elemento di carico (2) e detto secondo riferimento di tensione (GND).

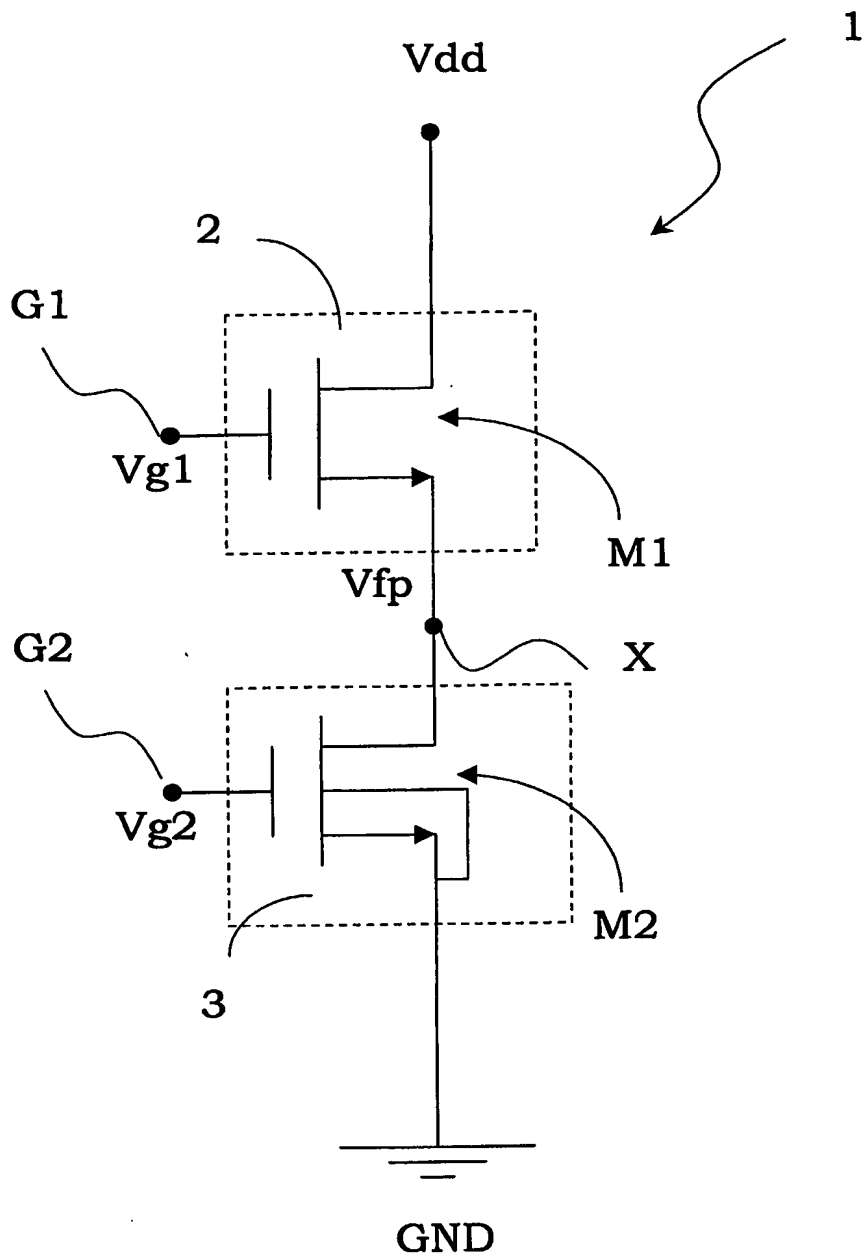
RIASSUNTO

Si descrive un amplificatore di potenza del tipo comprendente almeno un elemento di carico (2) ed almeno un elemento attivo (3) inseriti, in serie tra loro, tra un primo ed un secondo riferimento di tensione (Vdd, 5 GND).

Vantaggiosamente secondo l'invenzione, l'elemento di carico (2) comprende un transistor di tipo DMOS (M1).

(Figura)

1/1



FIGURE

THIS PAGE BLANK (USPTO)